

*Il telerilevamento iperspettrale per applicazioni civili e scientifiche
CISAM, 21 Settembre 2018, San Piero a Grado (Pisa)*

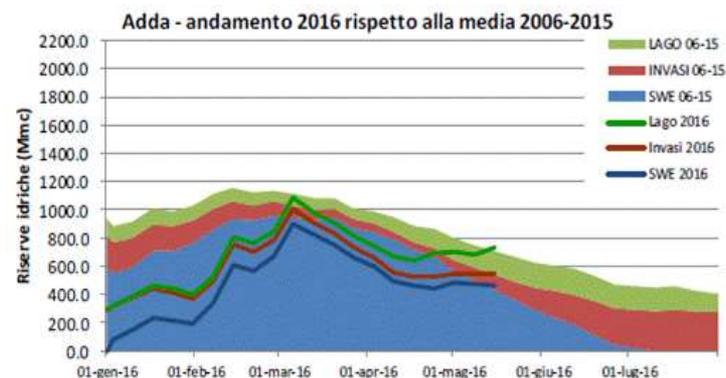
Esperienze ed esigenze di ARPA Lombardia di utilizzazione del telerilevamento iperspettrale nei monitoraggi e nei controlli ambientali

**Enrico Zini
ARPA Lombardia**

- ARPA Lombardia (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia) ha creato nel 2003 un **Laboratorio di Telerilevamento** con lo scopo di sviluppare applicazioni operative di telerilevamento da satellite e da aereo per il monitoraggio dell'ambiente. Le principali applicazioni sviluppate sono:
 - la mappatura delle coperture in cemento-amianto,
 - il monitoraggio del consumo di suolo,
 - il monitoraggio dei ghiacciai,
 - la stima dell'equivalente idrico della neve (SWE),
 - la stima della evapotraspirazione potenziale delle colture,
 - il monitoraggio dei disturbi del bosco.



Monitoraggio del consumo di suolo



Monitoraggio dell'equivalente idrico della neve (SWE: Snow Water Equivalent)

- Nel 2016 ARPA Lombardia ha avviato il **progetto DRONI** con lo scopo di acquisire tutte le conoscenze e gli strumenti necessari per utilizzare autonomamente i droni nelle attività di monitoraggio e controllo. Sono stati formati 6 piloti di droni scelti tra i dipendenti dell'Agenzia. Le applicazioni sviluppate riguardano:
 - il monitoraggio delle frane,
 - il supporto al calcolo degli indici idromorfologici fluviali,
 - i controlli delle operazioni di svaso degli invasi idroelettrici,
 - lo stato di conservazione delle coperture in cemento-amianto,
 - i controlli delle discariche (volumi, emissioni di biogas e percolato),
 - i controlli degli impianti di trattamento rifiuti,
 - il monitoraggio dei disturbi del bosco (incendi, attacchi parassitari,...).



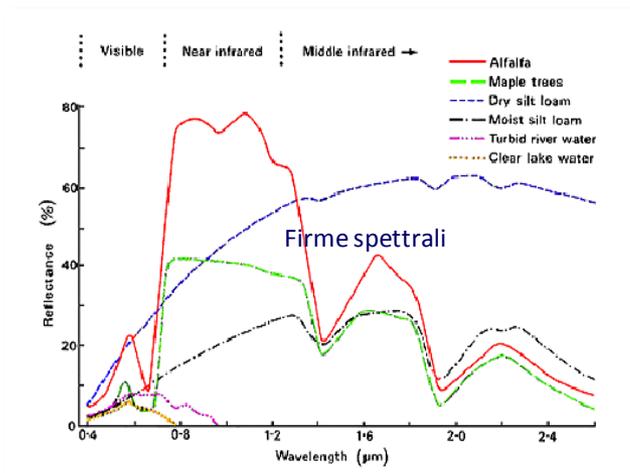
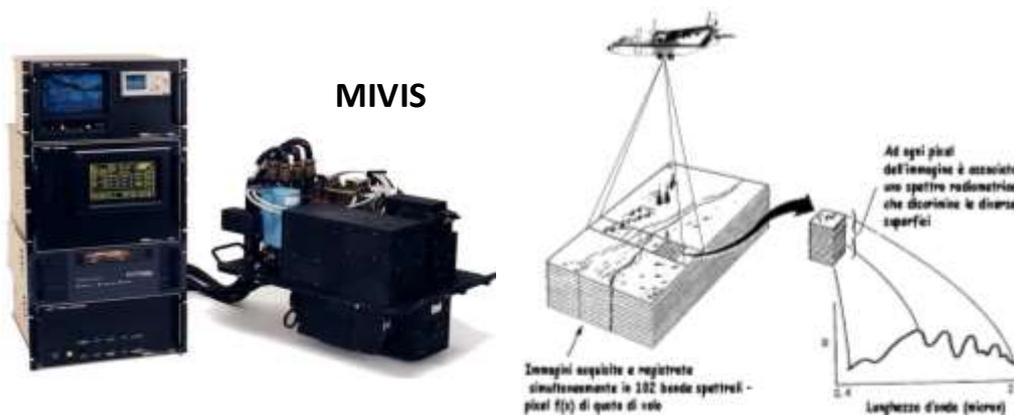
La flotta di droni di ARPA Lombardia

- ARPA Lombardia ha utilizzato operativamente il telerilevamento iperspettrale nell'ambito della mappatura delle coperture in cemento-amianto, prevista dalla Legge Regionale N°17/2003.
- Il Piano Regionale Amianto della Lombardia (PRAL), approvato con D.g.r. del 22/12/2005 n.8/1526, ha definito i requisiti e le modalità di esecuzione della mappatura, basate su **telerilevamento da aereo con scanner iperspettrale**.
- La accuratezza delle classificazioni ottenute in precedenti rilievi con scanner iperspettrale era risultata superiore al 90%.
- Gli obiettivi della mappatura, realizzata nel periodo 2007-2008 sono stati:
 - fornire la dimensione del problema in Lombardia in termini di stima dei quantitativi di coperture in cemento-amianto da rimuovere,
 - individuare puntualmente le coperture in cemento-amianto all'interno dell'area rilevata.

L'esperienza della mappatura del cemento-amianto

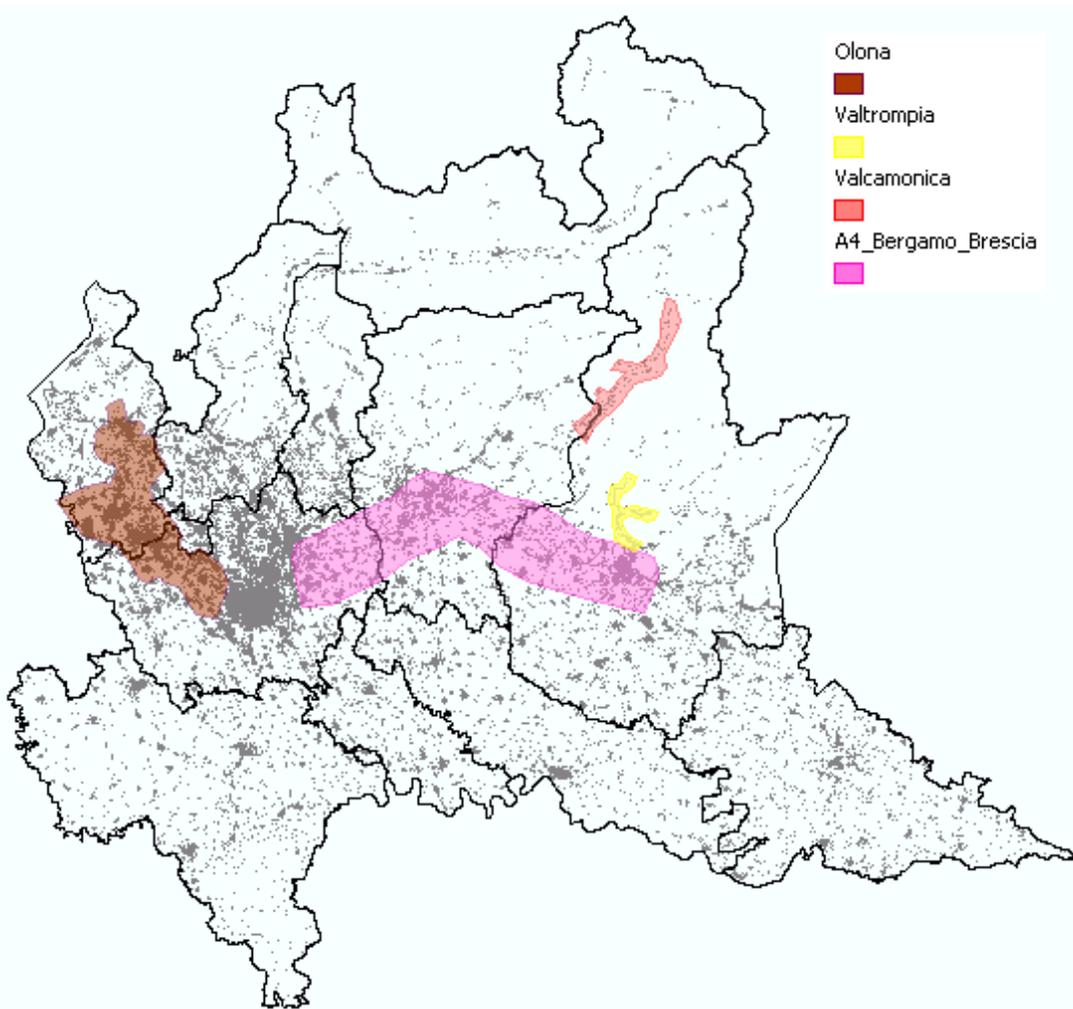
La tecnologia

MIVIS: Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer. 102 bande spettrali nel range: VIS-NIR-SWIR-TIR. Per la mappatura del cemento-amianto è stato utilizzato il range: VIS-NIR-SWIR.



Spettrometro	Range Spettrale	Bande Spettrali	Lunghezza d'onda (μm)
1	VIS (Visible)	1 - 20	0.43 - 0.83
2	NIR (Near InfraRed)	21 - 28	1.15 - 1.55
3	SWIR (Short Wave InfraRed)	29 - 92	1.98 - 2.48
4	TIR (Thermal InfraRed)	93 - 102	8.18 - 12.70

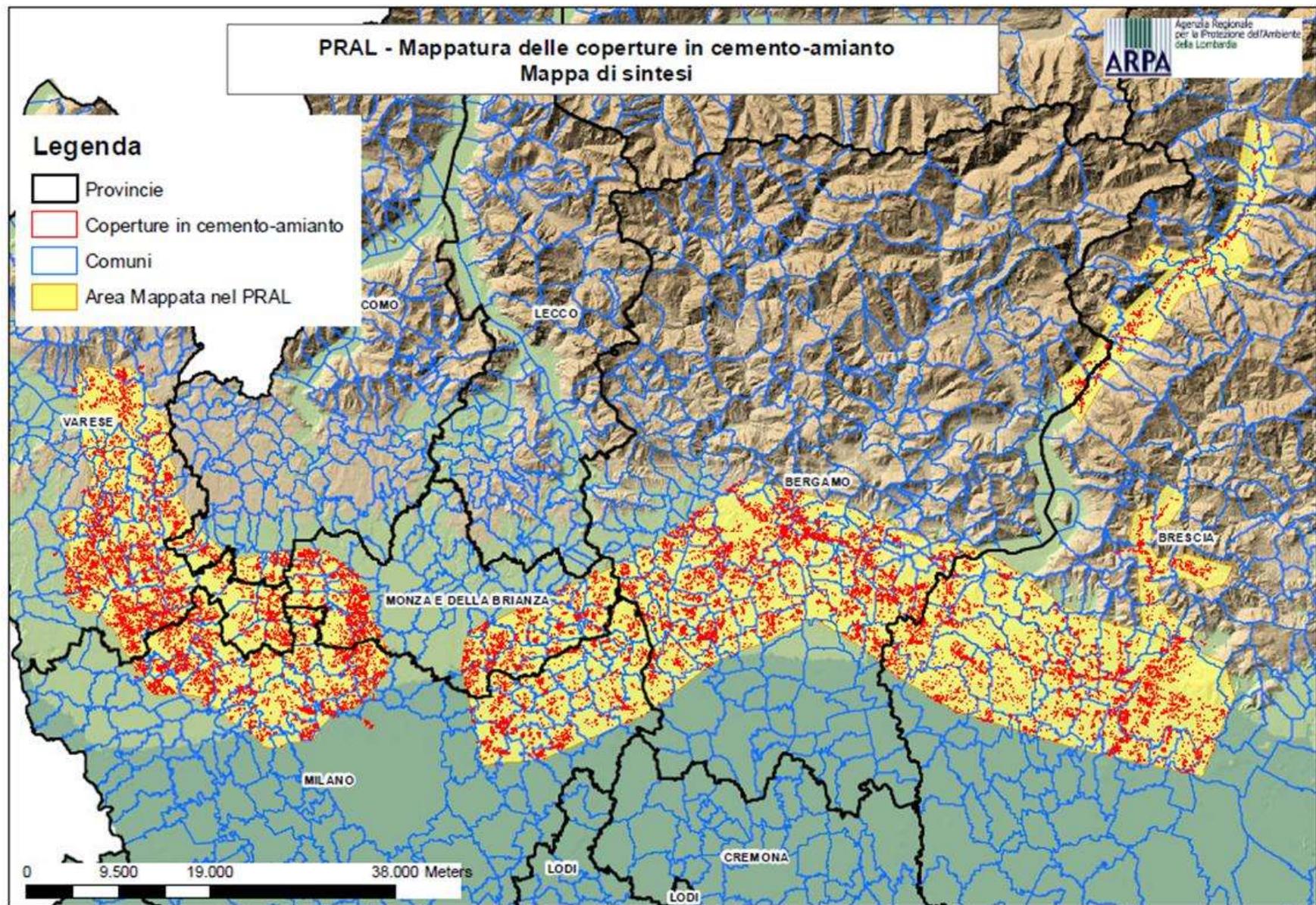
Le aree rilevate



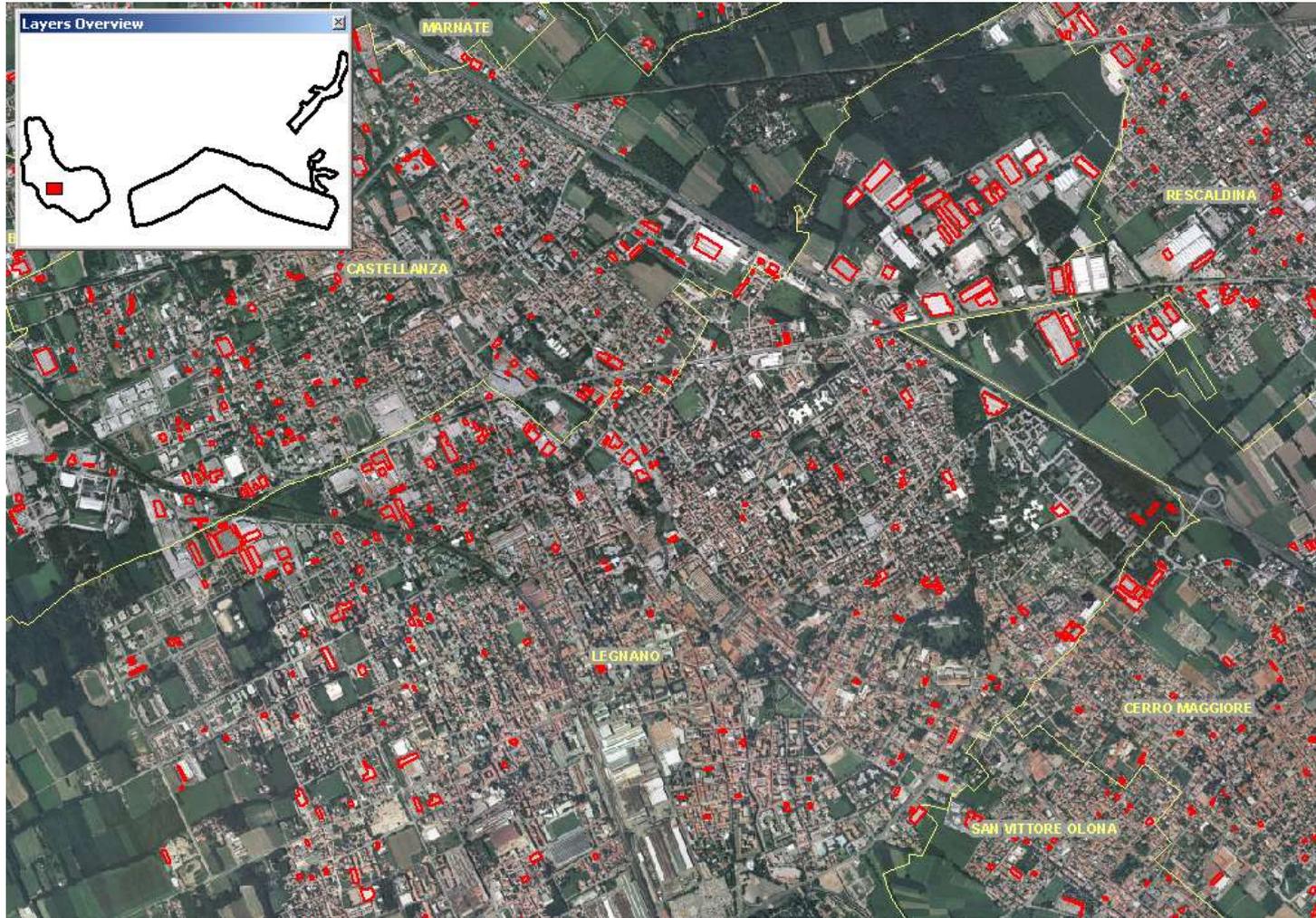
Area	Km ²
Bacino settentrionale dell'Olona	653
Corridoio autostradale Milano-Brescia	1202
Valcamonica	144
Valtrompia	63
Totale	2062

N° Comuni mappati: 321
Popolazione: 2.9 milioni, quasi il 30% della popolazione della Lombardia

I risultati: mappatura



I risultati: mappatura Bacino settentrionale dell'Olonia



I risultati: statistiche sull'area rilevata

N° Comuni mappati: 321

Popolazione: 2.893.321, quasi il 30% della popolazione della Lombardia

Area	Superficie Km ²	Coperture in cemento-amianto		
		N° coperture	Superficie (Km ²)	Volume (m ³)
Bacino settentrionale dell'Olona	653	10 445	8.19	273 986
Corridoio autostradale Milano-Brescia	1 202	13 258	13.87	462 273
Valcamonica	144	733	0.56	18 821
Valtrompia	63	525	0.42	14 122
Totale	2 062	24 961	23.05	768 202

**Fattore di conversione da superficie a volume adottato dal PRAL:
30 m² corrispondono a 1 m³**

**Risultati: estrapolazione all'intera Regione
mediante l'uso della cartografia regionale DUSAF
di uso e copertura del suolo in scala 1:10.000 (aree urbanizzate come proxy)**

Province	Stima Volume 2007 (m ³)
BG	320 010
BS	446 473
CO	160 964
CR	174 014
LC	97 909
LO	90 765
MI+MB	784 808
MN	226 980
PV	205 664
SO	46 112
VA	278 774
Regione	2 832 473

L'esperienza della mappatura del cemento-amianto

I risultati: accuratezza e limiti della mappatura

Accuratezza totale: (calcolata su 115 punti di verità a terra)	91.3%
Falsi positivi:	2.1%
Falsi negativi:	7.9%



Difficoltà a rilevare correttamente coperture in cemento-amianto con superficie inferiore a 100 m²



Difficoltà a rilevare coperture in cemento-amianto parzialmente rinnovate



Impossibilità di riconoscere coperture in cemento-amianto incapsulate o sovracoperte

- La mappatura del 2007 ha fornito un contributo fondamentale alla conoscenza della presenza delle coperture in cemento-amianto in Lombardia ma si è riferita ad una superficie molto limitata: 2062 Km² contro i 23864 Km² della Lombardia.
- Una estensione della mappatura con rilievo iperspettrale da aereo a tutto il territorio regionale avrebbe costi eccessivamente elevati.
- D'altro lato l'utilizzo del telerilevamento iperspettrale nella regione estesa VIS-NIR-SWIR fornisce un elevato valore aggiunto in termini di accuratezza della classificazione (accuratezza superiore al 90%) rispetto all'uso delle ortoimmagini VIS-NIR (accuratezza: circa 60-70%) già sperimentate in altre regioni per questo scopo.

- Purtroppo il telerilevamento iperspettrale da satellite non sarà nei prossimi anni un'alternativa valida a quello da aereo in quanto la risoluzione geometrica ottimale richiesta per la mappatura del cemento-amianto è di 1 metro (max 3 metri), mentre le prossime missioni iperspettrali avranno risoluzione inferiore (30 metri, 5 metri,...).
- All'estremo opposto, in termini di risoluzione a terra, esistono i droni. Recentemente sono apparsi sul mercato degli scanner iperspettrali nella regione estesa VIS-NIR-SWIR adatti ad essere montati a bordo di droni multirotori con peso inferiore ai 25 Kg. La risoluzione geometrica è soddisfacente (inferiore al metro) ma i droni di questa categoria sono ancora soggetti a forti limitazioni sia di tipo tecnologico (scarsa autonomia di volo) che legislativo (regolamento ENAC) che ne impediscono di fatto l'utilizzo su aree vaste e in zone antropizzate.

- Il problema della mappatura del cemento-amianto su area vasta con elevata qualità e a costi sostenibili resta quindi ancora aperto.
- Ci auspichiamo che l'innovazione tecnologica nel settore dei sensori iperspettrali, sia da satellite che da aereo e da drone, accompagnata da uno sviluppo del mercato e anche da una regolamentazione più flessibile per quanto riguarda l'uso civile dei droni, possa aiutare a risolvere un problema ambientale come quello dell'amianto molto sentito dalle Pubbliche Amministrazioni e dai cittadini.
- La disponibilità in un futuro, speriamo non lontano, di immagini iperspettrali nel range esteso VIS-NIR-SWIR ad alta risoluzione (1 metro), su area vasta e costi contenuti renderà possibile lo sviluppo anche di altre applicazioni operative importanti per le agenzie ambientali come l'identificazione di siti contaminati e la mappatura dettagliata delle emissioni in aria nelle aree industriali.



Grazie per l'attenzione

Enrico Zini e.zini@arpalombardia.it